

# PCT

## REQUÊTE

Le soussigné requiert que la présente demande internationale soit traitée conformément au Traité de coopération en matière de brevets.

Réservé à l'office récepteur

Demande internationale n°

Date du dépôt international

Nom de l'office récepteur et "Demande internationale PCT"

Référence du dossier du déposant ou du mandataire (facultatif)  
(12 caractères au maximum) 4685/00/JC

**Cadre n° I TITRE DE L'INVENTION** METHODE POUR MODELISER DES DEPLACEMENTS DE FLUIDES DANS UN MILIEU POREUX TENANT COMPTE D'EFFETS D'HYSTERESIS

**Cadre n° II DÉPOSANT**

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'Etat où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE  
1 & 4 avenue de Bois Préau  
92852 Rueil-Malmaison cedex  
FRANCE

☐ Cette personne est aussi inventeur.

n° de téléphone  
01 47 52 60 00

n° de télécopieur  
01 47 52 70 03

n° de téléimprimeur

Nationalité (nom de l'Etat) :  
FRANCE

Domicile (nom de l'Etat) :  
FRANCE

Cette personne est déposant pour : ☐ tous les États désignés ☒ tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique ☐ les États-Unis d'Amérique seulement ☐ les États indiqués dans le cadre supplémentaire

**Cadre n° III AUTRE(S) DÉPOSANT(S) OU (AUTRE(S)) INVENTEUR(S)**

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'Etat où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

GAZ DE FRANCE  
23 rue Philibert Delorme  
75840 Paris cedex 17  
FRANCE

Cette personne est :

☒ déposant seulement

☐ déposant et inventeur

☐ inventeur seulement  
(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)

Nationalité (nom de l'Etat) :  
FRANCE

Domicile (nom de l'Etat) :  
FRANCE

Cette personne est déposant pour : ☐ tous les États désignés ☒ tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique ☐ les États-Unis d'Amérique seulement ☐ les États indiqués dans le cadre supplémentaire

☒ D'autres déposants ou inventeurs sont indiqués sur une feuille annexe.

**Cadre n° IV MANDATAIRE OU REPRÉSENTANT COMMUN; OU ADRESSE POUR LA CORRESPONDANCE**

La personne dont l'identité est donnée ci-dessous est/a été désignée pour agir au nom du ou des déposants auprès des autorités internationales compétentes, comme: ☐ mandataire ☒ représentant commun

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.)

INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE  
1 & 4 avenue de Bois Préau  
92852 Rueil-Malmaison cedex  
FRANCE

n° de téléphone  
01 47 52 60 00

n° de télécopieur  
01 47 52 70 03

n° de téléimprimeur

☐ Adresse pour la correspondance : cocher cette case lorsque aucun mandataire ni représentant commun n'est/n'a été désigné et que l'espace ci-dessus est utilisé pour indiquer une adresse spéciale à laquelle la correspondance doit être envoyée.

This Page Blank (uspto,

Suite du cadre n° III AUTRE(S) DÉPOSANT(S) OU (AUTRE(S)) INVENTEUR(S)	
<i>Si aucun des sous-cadres suivants n'est utilisé, cette feuille ne doit pas être incluse dans la requête.</i>	
<p>Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)</p> <p>EGERMANN Patrick 193 route de l'Empereur 92500 Rueil-Malmaison FRANCE</p>	<p>Cette personne est :</p> <p><input type="checkbox"/> déposant seulement</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> déposant et inventeur</p> <p><input type="checkbox"/> inventeur seulement (Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)</p>
Nationalité (nom de l'État) : FRANCE	Domicile (nom de l'État) : FRANCE
<p>Cette personne est déposant pour : <input type="checkbox"/> tous les États désignés <input type="checkbox"/> tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique <input checked="" type="checkbox"/> les États-Unis d'Amérique seulement <input type="checkbox"/> les États indiqués dans le cadre supplémentaire</p>	
<p>Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)</p> <p>VIZIKA-KAVVADIAS Olga 3, allée de la Pagerie 92500 Rueil-Malmaison FRANCE</p>	<p>Cette personne est :</p> <p><input type="checkbox"/> déposant seulement</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> déposant et inventeur</p> <p><input type="checkbox"/> inventeur seulement (Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)</p>
Nationalité (nom de l'État) : FRANCE	Domicile (nom de l'État) : FRANCE
<p>Cette personne est déposant pour : <input type="checkbox"/> tous les États désignés <input type="checkbox"/> tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique <input checked="" type="checkbox"/> les États-Unis d'Amérique seulement <input type="checkbox"/> les États indiqués dans le cadre supplémentaire</p>	
<p>Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)</p> <p>DALLET Laurent 57 quai de Grenelle 75015 Paris FRANCE</p>	<p>Cette personne est :</p> <p><input type="checkbox"/> déposant seulement</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> déposant et inventeur</p> <p><input type="checkbox"/> inventeur seulement (Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)</p>
Nationalité (nom de l'État) : FRANCE	Domicile (nom de l'État) : FRANCE
<p>Cette personne est déposant pour : <input type="checkbox"/> tous les États désignés <input type="checkbox"/> tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique <input checked="" type="checkbox"/> les États-Unis d'Amérique seulement <input type="checkbox"/> les États indiqués dans le cadre supplémentaire</p>	
<p>Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)</p> <p>KALAYDJIAN François 17 rue Danton 92500 Rueil-Malmaison FRANCE</p>	<p>Cette personne est :</p> <p><input type="checkbox"/> déposant seulement</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> déposant et inventeur</p> <p><input type="checkbox"/> inventeur seulement (Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)</p>
Nationalité (nom de l'État) : FRANCE	Domicile (nom de l'État) : FRANCE
<p>Cette personne est déposant pour : <input type="checkbox"/> tous les États désignés <input type="checkbox"/> tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique <input checked="" type="checkbox"/> les États-Unis d'Amérique seulement <input type="checkbox"/> les États indiqués dans le cadre supplémentaire</p>	
<p><input checked="" type="checkbox"/> D'autres déposants ou inventeurs sont indiqués sur une autre feuille annexe.</p>	

*This Page Blank (uspto)*

<b>Suite du cadre n° III AUTRE(S) DÉPOSANT(S) OU (AUTRE(S)) INVENTEUR(S)</b>	
<i>Si aucun des sous-cadres suivants n'est utilisé, cette feuille ne doit pas être incluse dans la requête.</i>	
Nom et adresse : <i>(Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)</i> <b>REQUIN Christophe</b> <b>19 rue du Pérou</b> <b>76000 Rouen</b> <b>FRANCE</b>	Cette personne est : <input type="checkbox"/> déposant seulement <input checked="" type="checkbox"/> déposant et inventeur <input type="checkbox"/> inventeur seulement <i>(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)</i>
Nationalité (nom de l'État) : <b>FRANCE</b>	Domicile (nom de l'État) : <b>FRANCE</b>
Cette personne est déposant pour : <input type="checkbox"/> tous les États désignés <input type="checkbox"/> tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique <input checked="" type="checkbox"/> les États-Unis d'Amérique seulement <input type="checkbox"/> les États indiqués dans le cadre supplémentaire	
Nom et adresse : <i>(Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)</i>	Cette personne est : <input type="checkbox"/> déposant seulement <input type="checkbox"/> déposant et inventeur <input type="checkbox"/> inventeur seulement <i>(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)</i>
Nationalité (nom de l'État) :	Domicile (nom de l'État) :
Cette personne est déposant pour : <input type="checkbox"/> tous les États désignés <input type="checkbox"/> tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique <input type="checkbox"/> les États-Unis d'Amérique seulement <input type="checkbox"/> les États indiqués dans le cadre supplémentaire	
Nom et adresse : <i>(Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)</i>	Cette personne est : <input type="checkbox"/> déposant seulement <input type="checkbox"/> déposant et inventeur <input type="checkbox"/> inventeur seulement <i>(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)</i>
Nationalité (nom de l'État) :	Domicile (nom de l'État) :
Cette personne est déposant pour : <input type="checkbox"/> tous les États désignés <input type="checkbox"/> tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique <input type="checkbox"/> les États-Unis d'Amérique seulement <input type="checkbox"/> les États indiqués dans le cadre supplémentaire	
Nom et adresse : <i>(Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)</i>	Cette personne est : <input type="checkbox"/> déposant seulement <input type="checkbox"/> déposant et inventeur <input type="checkbox"/> inventeur seulement <i>(Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)</i>
Nationalité (nom de l'État) :	Domicile (nom de l'État) :
Cette personne est déposant pour : <input type="checkbox"/> tous les États désignés <input type="checkbox"/> tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique <input type="checkbox"/> les États-Unis d'Amérique seulement <input type="checkbox"/> les États indiqués dans le cadre supplémentaire	
<input type="checkbox"/> D'autres déposants ou inventeurs sont indiqués sur une autre feuille annexe.	

This Page Blank (uspto)

**Cadre n° V DÉSIGNATION D'ÉTAT**

Les désignations suivantes sont faites conformément à la règle 4.9.a) (cocher les cases appropriées; une au moins doit l'être) :

**Brevet régional**

- ☒ **AP** Brevet ARIPO : GH Ghana, GM Gambie, KE Kenya, LS Lesotho, MW Malawi, MZ Mozambique, SD Soudan, SL Sierra Leone, SZ Swaziland, TZ République-Unie de Tanzanie, UG Ouganda, ZW Zimbabwe et tout autre État qui est un État contractant du Protocole de Harare et du PCT
- ☒ **EA** Brevet eurasiens : AM Arménie, AZ Azerbaïdjan, BY Bélarus, KG Kirghizistan, KZ Kazakhstan, MD République de Moldova, RU Fédération de Russie, TJ Tadjikistan, TM Turkménistan et tout autre État qui est un État contractant de la Convention sur le brevet eurasiens et du PCT
- ☒ **EP** Brevet européen : AT Autriche, BE Belgique, CH et LI Suisse et Liechtenstein, CY Chypre, DE Allemagne, DK Danemark, ES Espagne, FI Finlande, FR France, GB Royaume-Uni, GR Grèce, IE Irlande, IT Italie, LU Luxembourg, MC Monaco, NL Pays-Bas, PT Portugal, SE Suède, TR Turquie et tout autre État qui est un État contractant de la Convention sur le brevet européen et du PCT
- ☒ **OA** Brevet OAPI : BF Burkina Faso, BJ Bénin, CF République centrafricaine, CG Congo, CI Côte d'Ivoire, CM Cameroun, GA Gabon, GN Guinée, GW Guinée-Bissau, ML Mali, MR Mauritanie, NE Niger, SN Sénégal, TD Tchad, TG Togo et tout autre État qui est un État membre de l'OAPI et un État contractant du PCT (si une autre forme de protection ou de traitement est souhaitée, le préciser sur la ligne pointillée) .....

**Brevet national (si une autre forme de protection ou de traitement est souhaitée, le préciser sur la ligne pointillée) :**

- |  |   |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>AE</b> Émirats arabes unis                              | <input checked="" type="checkbox"/> <b>LC</b> Sainte-Lucie  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>AG</b> Antigua-et-Barbuda                               | <input checked="" type="checkbox"/> <b>LK</b> Sri Lanka   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>AL</b> Albanie .....                                    | <input checked="" type="checkbox"/> <b>LR</b> Liberia   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>AM</b> Arménie .....                                    | <input checked="" type="checkbox"/> <b>LS</b> Lesotho .....   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>AT</b> Autriche .....                                   | <input checked="" type="checkbox"/> <b>LT</b> Lituanie  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>AU</b> Australie .....                                  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>LU</b> Luxembourg  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>AZ</b> Azerbaïdjan                                      | <input checked="" type="checkbox"/> <b>LV</b> Lettonie  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>BA</b> Bosnie-Herzégovine .....                         | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MA</b> Maroc .....   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>BB</b> Barbade  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MD</b> République de Moldova .....   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>BG</b> Bulgarie .....                                   | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MG</b> Madagascar .....  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>BR</b> Brésil .....                                     | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MK</b> Ex-République yougoslave de Macédoine .....                               |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>BY</b> Bélarus  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MN</b> Mongolie  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>BZ</b> Belize .....                                     | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MW</b> Malawi .....  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>CA</b> Canada   | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MX</b> Mexique .....   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>CH et LI</b> Suisse et Liechtenstein                    | <input checked="" type="checkbox"/> <b>MZ</b> Mozambique  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>CN</b> Chine .....                                      | <input checked="" type="checkbox"/> <b>NO</b> Norvège   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>CR</b> Costa Rica .....                                 | <input checked="" type="checkbox"/> <b>NZ</b> Nouvelle-Zélande .....  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>CU</b> Cuba .....                                       | <input checked="" type="checkbox"/> <b>PL</b> Pologne .....   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>CZ</b> République tchèque .....                         | <input checked="" type="checkbox"/> <b>PT</b> Portugal  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>DE</b> Allemagne  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>RO</b> Roumanie  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>DK</b> Danemark   | <input checked="" type="checkbox"/> <b>RU</b> Fédération de Russie .....  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>DM</b> Dominique  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>SD</b> Soudan  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>DZ</b> Algérie .....                                    | <input checked="" type="checkbox"/> <b>SE</b> Suède   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>EE</b> Estonie .....                                    | <input checked="" type="checkbox"/> <b>SG</b> Singapour   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>ES</b> Espagne .....                                    | <input checked="" type="checkbox"/> <b>SI</b> Slovénie .....  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>FI</b> Finlande .....                                   | <input checked="" type="checkbox"/> <b>SK</b> Slovaquie .....   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>GB</b> Royaume-Uni                                      | <input checked="" type="checkbox"/> <b>SL</b> Sierra Leone .....  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>GD</b> Grenade  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>TJ</b> Tadjikistan   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>GE</b> Géorgie .....                                    | <input checked="" type="checkbox"/> <b>TM</b> Turkménistan .....  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>GH</b> Ghana .....                                      | <input checked="" type="checkbox"/> <b>TR</b> Turquie   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>GM</b> Gambie   | <input checked="" type="checkbox"/> <b>TT</b> Trinité-et-Tobago .....   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>HR</b> Croatie .....                                    | <input checked="" type="checkbox"/> <b>TZ</b> République-Unie de Tanzanie   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>HU</b> Hongrie .....                                    | <input checked="" type="checkbox"/> <b>UA</b> Ukraine .....   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>ID</b> Indonésie  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>UG</b> Ouganda .....   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>IL</b> Israël .....                                     | <input checked="" type="checkbox"/> <b>US</b> États-Unis d'Amérique .....   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>IN</b> Inde .....                                       | <input checked="" type="checkbox"/> <b>UZ</b> Ouzbékistan .....   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>IS</b> Islande  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>VN</b> Viet Nam .....  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>JP</b> Japon .....                                      | <input checked="" type="checkbox"/> <b>YU</b> Yougoslavie .....   |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>KE</b> Kenya  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>ZA</b> Afrique du Sud .....  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>KG</b> Kirghizistan                                     | <input checked="" type="checkbox"/> <b>ZW</b> Zimbabwe  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>KP</b> République populaire démocratique de Corée ..... | Case réservée pour la désignation d'États qui sont devenus parties au PCT après la publication de la présente feuille : |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>KR</b> République de Corée .....                        | <input type="checkbox"/> .....  |
| <input checked="" type="checkbox"/> <b>KZ</b> Kazakhstan                                       | <input type="checkbox"/> .....  |

**Déclaration concernant les désignations de précaution :** outre les désignations faites ci-dessus, le déposant fait aussi conformément à la règle 4.9.b) toutes les désignations qui seraient autorisées en vertu du PCT, à l'exception de toute désignation indiquée dans le cadre supplémentaire comme étant exclue de la portée de cette déclaration. Le déposant déclare que ces désignations additionnelles sont faites sous réserve de confirmation et que toute désignation qui n'est pas confirmée avant l'expiration d'un délai de 15 mois à compter de la date de priorité doit être considérée comme retirée par le déposant à l'expiration de ce délai. (La confirmation (y compris les taxes) doit parvenir à l'office récepteur dans le délai de 15 mois.)

This Page Blank (uspto)



<b>Cadre n° VI REVENDEICATION DE PRIORITÉ</b>		<input type="checkbox"/> D'autres revendications de priorité sont indiquées dans le cadre supplémentaire.		
Date de dépôt de la demande antérieure (jour/mois/année)	Numéro de la demande antérieure	Lorsque la demande antérieure est une :		
		demande nationale : pays	demande régionale : office régional	demande internationale : office récepteur
(1) 17 juillet 2000 (17/07/00)	00/09368	FRANCE		
(2)				
(3)				

☒ L'office récepteur est prié de préparer et de transmettre au Bureau international une copie certifiée conforme de la ou des demandes antérieures (seulement si la demande antérieure a été déposée auprès de l'office qui, aux fins de la présente demande internationale, est l'office récepteur) indiquées ci-dessus au(x) point(s) : 00/09368

\* Si la demande antérieure est une demande ARIPO, il est obligatoire d'indiquer dans le cadre supplémentaire au moins un pays partie à la Convention de Paris pour la protection de la propriété industrielle pour lequel cette demande antérieure a été déposée (règle 4.10.b)ii). Voir le cadre supplémentaire.

<b>Cadre n° VII ADMINISTRATION CHARGÉE DE LA RECHERCHE INTERNATIONALE</b>									
<b>Choix de l'administration chargée de la recherche internationale (ISA)</b> (si plusieurs administrations chargées de la recherche internationale sont compétentes pour procéder à la recherche internationale, indiquer l'administration choisie; le code à deux lettres peut être utilisé) : ISA /	<b>Demande d'utilisation des résultats d'une recherche antérieure; mention de cette recherche</b> (si une recherche antérieure a été effectuée par l'administration chargée de la recherche internationale ou demandée à cette dernière) : <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Date (jour/mois/année)</td> <td>Numéro</td> <td>Pays (ou office régional)</td> </tr> <tr> <td>13 juin 2001</td> <td>FA 592697</td> <td>FRANCE</td> </tr> </table>			Date (jour/mois/année)	Numéro	Pays (ou office régional)	13 juin 2001	FA 592697	FRANCE
Date (jour/mois/année)	Numéro	Pays (ou office régional)							
13 juin 2001	FA 592697	FRANCE							

<b>Cadre n° VIII BORDEREAU; LANGUE DE DÉPÔT</b>	
La présente demande internationale contient le nombre de feuilles suivant :  requête : 5 description (sauf partie réservée au listage des séquences) : 18 revendications : 2 abrégé : 1 dessins : 5 partie de la description réservée au listage des séquences :  Nombre total de feuilles : 31	Le ou les éléments cochés ci-après sont joints à la présente demande internationale : 1. <input checked="" type="checkbox"/> feuille de calcul des taxes 2. <input type="checkbox"/> pouvoir distinct signé 3. <input type="checkbox"/> copie du pouvoir général; numéro de référence, le cas échéant : 4. <input type="checkbox"/> explication de l'absence d'une signature 5. <input type="checkbox"/> document(s) de priorité indiqué(s) dans le cadre n° VI au(x) point(s) : 6. <input type="checkbox"/> traduction de la demande internationale en (langue) : 7. <input type="checkbox"/> indications séparées concernant des micro-organismes ou autre matériel biologique déposés 8. <input type="checkbox"/> listage des séquences de nucléotides ou d'acides aminés sous forme déchiffable par ordinateur 9. <input checked="" type="checkbox"/> autres éléments (préciser) : copie rapport de recherche français
Figure des dessins qui doit accompagner l'abrégé : 3	Langue de dépôt de la demande internationale : français

<b>Cadre n° IX SIGNATURE DU DÉPOSANT OU DU MANDATAIRE</b>
À côté de chaque signature, indiquer le nom du signataire et, si cela n'apparaît pas clairement à la lecture de la requête, à quel titre l'intéressé signe.  Pour Alfred ELMALEH,  Jean COADOUR Ingénieur

Réservé à l'office récepteur	
1. Date effective de réception des pièces supposées constituer la demande internationale :  3. Date effective de réception, rectifiée en raison de la réception ultérieure, mais dans les délais, de documents ou de dessins complétant ce qui est supposé constituer la demande internationale :  4. Date de réception, dans les délais, des corrections demandées selon l'article 11.2) du PCT :	2. Dessins : <input type="checkbox"/> reçus :  <input type="checkbox"/> non reçus :
5. Administration chargée de la recherche internationale (si plusieurs sont compétentes) : ISA /	6. <input type="checkbox"/> Transmission de la copie de recherche différée jusqu'au paiement de la taxe de recherche.

Réservé au Bureau international	
Date de réception de l'exemplaire original par le Bureau international :	

This Page Blank (uspto)

# PCT

## FEUILLE DE CALCUL DES TAXES

### Annexe de la requête

Réservé à l'office récepteur

Demande internationale n°

Référence du dossier du  
déposant ou du mandataire 4685/00/JC

Timbre à date de l'office récepteur

Déposant

INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE et GAZ DE FRANCE

### CALCUL DES TAXES PRESCRITES

1. TAXE DE TRANSMISSION . . . . . 400,00 T

2. TAXE DE RECHERCHE . . . . . 6198,79 S

Recherche internationale à effectuer par

(Si plusieurs administrations chargées de la recherche internationale sont  
compétentes en ce qui concerne la demande internationale, inscrire le nom de celle  
qui est choisie pour la recherche internationale.)

### 3. TAXE INTERNATIONALE

#### Taxe de base

La demande internationale contient 31 feuilles.

30 premières feuilles . . . . . 2682,66 b1

1 x 59,04 = 59,04 b2

feuilles suivantes montant additionnel

Additionner les montants portés dans les cadres

b1 et b2 et inscrire le total dans le cadre B . . . . . 2741.90 B

#### Taxes de désignation

La demande internationale contient 87 designations.

6 x 577.24 = 3463.44 D

nombre de taxes de  
désignation dues (maximum 6) montant de la taxe de désignation

Additionner les montants portés dans les cadres B et D, et

inscrire le total dans le cadre I

(Les déposants de certains États ont droit à une réduction de 75 % sur la taxe  
internationale. Lorsque le déposant a (ou tous les déposants ont) droit à cette  
réduction, la somme devant figurer sous I est égale à 25 % de la somme des  
montants figurant sous B et D.)

6205.34 I

4. TAXE AFFÉRENTE AU DOCUMENT DE PRIORITÉ (le cas échéant) . 100 P

### 5. TOTAL DES TAXES DUES

Additionner les montants portés dans les cadres

T, S, I et P, et inscrire le résultat dans le cadre TOTAL . . . . . 12904.13

TOTAL

☐ Les taxes de désignation seront payées ultérieurement.

### MODE DE PAIEMENT

☒ autorisation de débiter un compte  
de dépôt (voir ci-dessous)

☐ traite bancaire

☐ coupons

☐ chèque

☐ espèces

☐ autres (préciser):

☐ mandat postal

☐ timbres fiscaux

### AUTORISATION CONCERNANT UN COMPTE DE DÉPÔT (les offices récepteurs ne permettent pas tous l'utilisation de ce mode de paiement)

L'office récepteur/ ☒ est autorisé à débiter mon compte de dépôt du total des taxes indiqué ci-dessus.

☐ (cette case ne peut être cochée que si les conditions relatives aux comptes de dépôt établies par l'office  
récepteur le permettent) est autorisé à débiter mon compte de dépôt de tout montant manquant – ou à le  
créditer de tout excédent – dans le paiement du total des taxes indiqué ci-dessus.

☐ est autorisé à débiter mon compte de dépôt du montant de la taxe afférente à l'établissement du document  
de priorité et à sa transmission au Bureau international de l'OMPI.

239

09/07/00

Numéro du compte de dépôt

Date (jour/mois/année)

Signature

Jp Coadoour  
Jean COADOUR

This Page Blank (uspto)

# TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

## PCT

### RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire <b>4685/00/JC</b>	<b>POUR SUITE A DONNER</b> voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après	
Demande internationale n°  <b>PCT/FR 01/ 02212</b>	Date du dépôt international (jour/mois/année)  <b>10/07/2001</b>	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année)  <b>17/07/2000</b>
Déposant  <b>INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE</b>		

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 4 feuilles.

☒ Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

**1. Base du rapport**

a. En ce qui concerne la **langue**, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.

☐ la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.

b. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :

☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.

☐ déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.

☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.

☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne vas pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.

☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le **titre**,

☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.

☐ Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

5. En ce qui concerne l'**abrégi**,

☐ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant

☒ le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure **des dessins** à publier avec l'abrégi est la Figure n°

☒ suggérée par le déposant.

☐ parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.

☐ parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

3

☐ Aucune des figures n'est à publier.

Page blank (uspto)

Page Blank (uspto)

**Cadre III TEXTE DE L'ABREGE (suite du point 5 de la première feuille)**

La méthode comporte la détermination expérimentale de la courbe de variation de la pression capillaire dans les pores en fonction de la saturation relativement aux phases liquides, la modélisation des pores du milieu poreux par une distribution de capillaires à répartition fractale en considérant, dans le cas d'un mélange triphasique eau (fluide mouillant)-huile-gaz par exemple une stratification des constituants à l'intérieur des pores, avec l'eau au contact des parois, le gaz au centre et l'huile formant une couche intercalaire, la détermination, à partir de cette courbe de pression capillaire, des valeurs de dimension fractale correspondant à une série de valeurs données de la saturation relativement à la phase liquide, la modélisation des effets d'hystérésis modifiant les saturations mobiles des fluides effectivement déplacés dans l'échantillon qui varient au cours de cycles de drainage et d'imbibition, la modélisation des perméabilités relatives directement sous forme d'expressions analytiques dépendant des différentes valeurs de dimension fractale obtenues et en accord avec la répartition stratifiée des différents fluides dans les pores, et l'utilisation d'un simulateur de milieu poreux pour déterminer, à partir des perméabilités relatives, les conditions optimales de déplacement des fluides dans le milieu poreux.

This Page Blank (uspto,



(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
24 janvier 2002 (24.01.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 02/06794 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :  
**G01N 15/08**

**GAZ DE FRANCE** [FR/FR]; 23, rue Philibert Delorme,  
F-75840 Paris Cedex 17 (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR01/02212

(72) Inventeurs; et  
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :  
**EGERMANN, Patrick** [FR/FR]; 193, route de l'Em-  
pereur, F-92500 Rueil-Malmaison (FR). **VIZIKA-KAV-**  
**VADIAS, Olga** [FR/FR]; 3, allée de la Pagerie, F-92500  
Rueil-Malmaison (FR). **DALLET, Laurent** [FR/FR]; 57,  
quai de Grenelle, F-75015 Paris (FR). **KALAYDJIAN,**  
**François** [FR/FR]; 17, rue Danton, F-92500 Rueil-Mal-  
maison (FR). **REQUIN, Christophe** [FR/FR]; 19, rue du  
Pérou, F-76000 Rouen (FR).

(22) Date de dépôt international : 10 juillet 2001 (10.07.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
00/09368 17 juillet 2000 (17.07.2000) FR

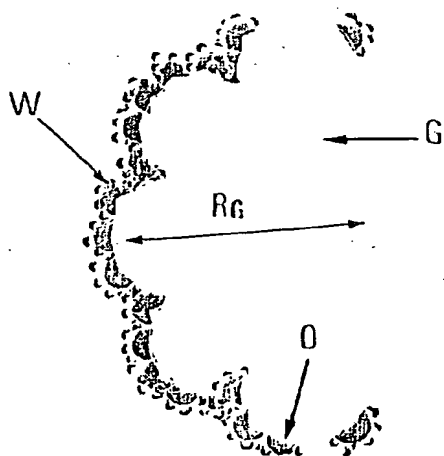
(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) : **INSTI-**  
**TUT FRANCAIS DU PETROLE** [FR/FR]; 1 & 4, av-  
enue de Bois Préau, F-92852 Rueil-Malmaison cedex (FR).

(74) Représentant commun : **INSTITUT FRANCAIS DU**  
**PETROLE**; 1 & 4, avenue de Bois Préau, F-92852 Rueil-  
Malmaison cedex (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR MODELLING FLUID DISPLACEMENT IN A POROUS ENVIRONMENT TAKING INTO AC-  
COUNT HYSTERESIS EFFECTS

(54) Titre : METHODE POUR MODELISER DES DEPLACEMENTS DE FLUIDES DANS UN MILIEU POREUX TENANT  
COMPTE D'EFFETS D'HYSTERESIS



W...WETTING FLUID  
G...GAS PHASE  
Rg...RADIUS (PORE VOLUME)  
O...INTERVENING LAYER

(57) Abstract: The invention concerns a method comprising experimentally deter-  
mining the variation curve of capillary pressure in pores on the basis of saturation  
with respect to liquid phases, modelling the pores of the porous environment by  
capillary distribution with fractal distribution while taking into account in the case  
of a three-phase water (wetting fluid)-oil-gas mixture for example stratification of  
the constituents inside the pores, with water in contact with the walls, gas in the  
centre and oil forming an intervening layer, determining, on the basis of said capil-  
lary pressure curve, values of fractal dimension corresponding to a series of given  
values of saturation relative to the liquid phase, modelling hysteresis effects modi-  
fying the mobile saturation levels of fluids actually displaced in the sample which  
vary in the course of drainage and imbibition cycles, modelling relative permeabil-  
ity levels directly in the form of analytical expressions depending on the different  
values of fractal dimension obtained and in accordance with the stratified distribu-  
tion of the different fluids in the pores, and using a porous medium simulator to  
determine, on the basis of the relative permeability levels, the optimal conditions  
of fluid displacement in a porous medium.

(57) Abrégé : La méthode comporte la détermination expérimentale de la courbe  
de variation de la pression capillaire dans les pores en fonction de la saturation re-  
lativement aux phases liquides, la modélisation des pores du milieu poreux par une  
distribution de capillaires à répartition fractale en considérant, dans le cas d'un mé-  
lange triphasique eau (fluide mouillant)-huile-gaz par exemple une stratification des constituants à l'intérieur des pores, avec l'eau  
au contact des parois, le gaz au centre et l'huile formant une couche intercalaire, la détermination, à partir de cette courbe de pression  
capillaire, des valeurs de dimension fractale correspondant à une série de valeurs données de la saturation relativement à la phase  
liquide, la modélisation des effets d'hystérésis modifiant les saturations mobiles des fluides effectivement déplacés dans l'échan-  
tillon qui varient au cours de cycles de drainage et d'imbibition, la modélisation des perméabilités relatives directement sous forme  
d'expressions analytiques dépendant des différentes valeurs de dimension fractale obtenues et en accord avec la répartition stratifiée  
des différents fluides dans les pores, et l'utilisation d'un simulateur de milieu poreux pour déterminer, à partir des perméabilités  
relatives, les conditions optimales de déplacement des fluides dans le milieu poreux.

WO 02/06794 A1



(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale

(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

5    **METHODE POUR MODELISER DES DEPLACEMENTS DE FLUIDES  
DANS UN MILIEU POREUX TENANT COMPTE D'EFFETS  
D'HYSTERESIS**

La présente invention concerne une méthode pour modéliser des écoulements  
di ou triphasiques dans un milieu poreux, en drainage et en imbibition. Elle est basée  
10 sur une représentation fractale du milieu poreux et sur une approche originale pour  
traiter les phénomènes liés à l'hystérésis (changement du sens de variation des  
saturations).

La méthode selon l'invention est applicable dans de nombreux domaines où  
l'on veut modéliser les écoulements de fluides dans des milieux poreux, dans le but  
15 d'optimiser les conditions de leur déplacement en drainage et en imbibition. Parmi les  
domaines d'application, on peut citer par exemple :

- a) l'exploitation d'un gisement pétrolier et notamment la production assistée  
d'hydrocarbures par injection de fluides, en utilisant par exemple des injections  
alternées de bouchons de liquide et de gaz (méthode dite WAG). Elle constitue  
20 pour l'ingénieur de gisements, un bon outil pour étudier également les problèmes  
de productivité et d'injectivité des puits.
- b) b) la dépollution des sols et notamment des sites industriels, par injection dans  
des couches polluées, de substances telles que des tensio-actifs ;

- c) le nettoyage de cakes de filtration par déplacement des substances qui y sont retenus ;
- d) le séchage du bois ;
- e) l'optimisation de réactions chimiques par déplacement par exemple de produits réactionnels dans une masse de catalyseur, pour augmenter les surfaces de contact, etc.

La méthode selon l'invention est directement applicable par les ingénieurs de réservoir pour déterminer par exemple la méthode de récupération assistée la plus appropriée à appliquer à un gisement souterrain d'hydrocarbures. La méthode peut également servir dans le cadre d'opérations de dépollution de terrains industriels par exemple.

### Etat de la technique

#### 1) Études expérimentales :

La détermination expérimentale des perméabilités relatives d'un milieu poreux où se déplace un fluide polyphasique n'est pas une tâche aisée. On simplifie habituellement les opérations de mesure en considérant que l'une des phases est immobile dans un état de saturation irréductible.

Les valeurs sont acquises par exemple par une méthode expérimentale connue dite de "steady state" pour déterminer les perméabilités relatives et qui consiste à laisser s'écouler un fluide triphasique avec des rapports de débit imposés entre les phases. Les perméabilités relatives exprimées en fonction des deux saturations, sont calculées en appliquant la loi de Darcy à chaque phase. Il est loin d'être établi que les mesures des perméabilités relatives obtenues par cette méthode soient bien représentatives des déplacements des fluides et, de toute façon, elles sont longues à obtenir car à chaque changement de régime, il faut attendre qu'un régime d'équilibre s'établisse.

Une autre méthode connue consiste à réaliser des essais en laboratoire pour déterminer des tableaux de mesures (tel que celui de la Fig.1) reliant les perméabilités relatives et les saturations pour chaque couple de fluides du mélange triphasique. Par ajustement des courbes de production expérimentales, on essaie progressivement d'ajuster les perméabilités relatives triphasiques. Ces tableaux de données sont introduits alors dans un simulateur numérique de type Athos® qui calcule les productions de fluides. Cette méthode étant basée sur l'acquisition préalable de nombreuses mesures expérimentales ajustées progressivement par calage, est longue à mettre en œuvre.

## 2) Modèles de perméabilités relatives

Le modèle empirique connu dit de Stone permet, par des corrélations empiriques, de prédire des données relatives à un écoulement triphasique à partir de données correspondant à un écoulement diphasique. Il est valide seulement dans les cas d'une forte mouillabilité à l'eau et on le considère généralement comme faiblement prédictif.

On connaît deux types de modèles physiques pour modéliser les écoulements triphasiques, basés sur les courbes de pression capillaire. Les courbes de pression capillaire sont en relation avec une saturation (par exemple celle du mercure injecté) et un rayon de pore, auquel s'arrête le mercure pour une pression d'injection donnée,

déterminée par la loi de Laplace,  $P_{inj} = \frac{2\sigma}{r}$

Un premier modèle de représentation des milieux poreux, est décrit par :

- Burdine, N.T.: "Relative permeability calculations from pore size distribution data" *Trans AIME* (1953) Vol. 198 ; ou par
- Corey, A.T.: "The interrelation between oil and gas relative permeabilities", *Prod Monthly* (1954) Vol.19,38.

Suivant ce modèle, le milieu poreux est représenté par un faisceau de capillaires cylindriques avec une distribution de rayons qui sont donnés par la courbe de pression capillaire obtenue par injection de mercure. Les perméabilités sont obtenues par application de la loi de Poiseuille à l'écoulement de fluides dans ces capillaires.

Ce modèle est basé sur la représentation du milieu poreux comme un assemblage de capillaires de rayons différents. La relation entre le volume et le rayon des pores est donnée par la valeur de la pente du pseudo-plateau. Les trois fluides sont censés se partager les capillaires, le fluide mouillant (l'eau) occupant les plus petits, le fluide le moins mouillant (le gaz), les plus gros, le troisième fluide (l'huile) une zone de pores de dimensions intermédiaires. Il n'est pas possible de décrire les interactions entre les fluides puisque dans un tel modèle, ils s'écoulent dans des chenaux séparés. Ce modèle enfin, ne peut être utile que si le pseudo-plateau couvre une large gamme de saturations. Suivant ce modèle, les trois phases d'un écoulement triphasique se déplacent dans des capillaires différents et il n'y a entre elles aucune interaction.

Un autre modèle physique connu de représentation d'un milieu poreux est décrit par :

- de Gennes, P.G.: "Partial Filling of a Fractal Structure by a Wetting Fluid" Physics of Disordered Materials 227-241, New York Plenum Pub. Corp. (1985) ; repris par
- Lenormand, R. "Gravity Assisted Inert Gas Injection: Micromodel Experiments and Model based on Fractal Roughness", The European Oil and Gas Conference Altavilla Milica, Palermo, Sicily, (1990).

Suivant ce modèle, on considère que la surface interne des pores est isotrope et à caractère fractal et peut être modélisée sous la forme d'un "bouquet" de rainures capillaires parallèles qui font que les pores présentent une section transversale

fractale. La section transversale de chaque pore est construite suivant un processus itératif (Fig.1). On divise le demi-périmètre d'un cercle de rayon  $R_0$  en  $\eta$  parties et en remplaçant chacune de ces  $\eta$  parties par un demi-cercle ou rainure. A chaque étape  $k$  du processus,  $N_k$  nouvelles rainures semi-circulaires de rayon  $R_k$  et de section totale  $A_k$  sont créées.

La dimension fractale  $DL$  de la section transversale à la fin de l'étape  $k$  est reliée au nombre d'objets  $N_k$  généré avec l'échelle donnée  $I_k$ , par la relation :

$$N_k \propto I_k^{-DL}$$

La dimension fractale peut être déduite d'une courbe de pression capillaire de mercure selon la procédure suivante. Du mercure est injecté dans un milieu poreux avec une pression d'injection qui croît par paliers. La loi de Laplace permet de déduire le volume des pores connaissant le volume de mercure injecté pour une pression d'injection donnée et l'on peut construire la courbe de pression capillaire en drainage reliant la pression d'injection à la quantité de mercure injectée et la courbe reliant la proportion du volume total occupé par les pores et la taille des pores. Dans le cas où l'on draine un liquide mouillant hors du milieu poreux tel que de l'eau par une injection de gaz, la corrélation entre la pression capillaire gaz-eau et la saturation de la phase mouillante est donnée par :

$$P_c = S_w^{\frac{1}{DL-2}}$$

Les résultats expérimentaux montrent aisément que les valeurs des perméabilités relatives gaz-eau exprimées en fonction des trois saturations, obtenues à partir des expressions qu'en donnent les modèles connus et les modes de répartition des phases dans la structure des pores, sont loin des valeurs mesurées et donc que les modèles en cause se révèlent par trop simplistes pour représenter les interactions complexes qui se produisent entre les phases fluides.

Par le brevet FR 2 772 483 (US 6 021 662), on connaît une méthode de modélisation pour optimiser de façon plus rapide et plus réaliste les conditions de déplacement dans un milieu poreux mouillable par un premier fluide (de l'eau par exemple), d'un mélange de fluides incluant ce fluide mouillant et au moins un autre  
5 fluide (de l'huile et éventuellement du gaz). Cette méthode fait appel à une modélisation des pores du milieu poreux par une distribution de capillaires à répartition fractale en considérant, dans le cas d'un mélange triphasique eau (fluide mouillant)-huile-gaz par exemple une stratification des constituants à l'intérieur des pores, avec l'eau au contact des parois, le gaz au centre et l'huile formant une couche  
10 intercalaire. Elle comporte une détermination expérimentale de la courbe de variation de la pression capillaire dans les pores en fonction de la saturation relativement aux phases liquides, d'où l'on déduit les valeurs de dimension fractale correspondant à une série de valeurs données de la saturation relativement à la phase liquide. Elle comporte aussi une modélisation des perméabilités relatives directement sous forme  
15 d'expressions analytiques dépendant des différentes valeurs de dimension fractale obtenues et en accord avec la répartition stratifiée des différents fluides dans les pores. Un simulateur de milieu poreux est utilisé à partir de ces perméabilités relatives pour déterminer les conditions optimales de déplacement des fluides dans le milieu poreux.

20 Le phénomène d'hystérésis fait référence aux variations des propriétés pétrophysiques (perméabilités relatives, pression capillaire, indice de résistivité, etc ...) que l'on observe suivant qu'on procède à la mesure en drainage ou en imbibition (ces modes correspondent respectivement à une augmentation et à une diminution de saturation de la phase non-mouillante). Ce phénomène doit donc être  
25 pris en considération pour fournir des valeurs de perméabilités relatives représentatives.

L'état de la technique concernant les effets d'hystérésis dans les milieux diphasiques et triphasiques, est décrit par exemple dans les publications suivantes :



- Land C.S. : « Calculation of imbibition relative permeability for two and three-phase flow from rock properties », Trans AIME 1968, Vol 243, 149 ;
- Larsen J.A. , Skauge A. : " Methodology for numerical simulation with cycle-dependent relative permeability" , SPEJ, June 1998 ; et
- 5 - Carlson F.M. : « Simulation of relative permeability hysteresis to the non wetting phase » , SPE 10157, ATCE, San Antonio Texas, 4-7 Oct 1981.

La Fig.6 représente typiquement l'allure des courbes de perméabilités diphasiques  $K_{rw}$  résultant d'un drainage jusqu'à la saturation irréductible en fluide mouillant (M) puis d'une imbibition jusqu'à la saturation résiduelle en fluide non-mouillant (NM). L'hystérésis se manifeste à deux niveaux. A saturations égales  $S_g$ , on obtient des valeurs numériques différentes et le point limite final atteint est une  
10 inconnue qui dépend du point de rebroussement  $S_{gM}$  à partir duquel on change de mode de déplacement. On attribue couramment ce phénomène à la fraction de fluide non-mouillant piégé. A saturation égale, il n'y a donc pas la même quantité de fluide  
15 mobile ce qui altère les caractéristiques de l'écoulement.

Pratiquement tous les modèles prenant en compte l'hystérésis font appel à la relation semi-empirique de Land : 
$$\frac{1}{S_{gr}} - \frac{1}{S_{gi}} = C_L \quad (1)$$

où  $C_L$  représente la constante de Land. Cette relation relie la saturation initiale  $S_{gi}$  et la saturation résiduelle  $S_{gr}$  en fluide non mouillant, pour évaluer les saturations en  
20 fluide non mouillant piégé et libre. En supposant que cette relation est valable quelle que soit la saturation, on l'applique pour déterminer les fractions mobiles intermédiaires en cours de déplacement. En diphasique, l'association de cette relation avec des modèles de perméabilités fournit des résultats satisfaisant.

En triphasique, l'hystérésis des perméabilités relatives  $K_{rg}$  prend une forme particulière. Expérimentalement, on observe non seulement une hystérésis de déplacement comme c'est le cas en diphasique (importance du sens de variation des saturations) mais aussi une hystérésis de cycles puisque les perméabilités sont  
5 dépendantes de l'historique des saturations. Sur la Fig.7, les courbes de perméabilités relatives  $K_{rg}$  correspondant à un premier cycle de drainage et d'imbibition (respectivement D1 et I1) sont distinctes des courbes correspondantes (D2, I2) d'un deuxième cycle.

Le modèle de perméabilités relatives de Larsen et al prend en compte ces  
10 deux formes d'hystérésis. Partant d'une approche combinant le modèle de Stone en parallèle avec la formule de Land et la méthode d'interpolation de Carlson, approche où seule l'hystérésis de déplacement est prise en compte, il faut le noter, Larsen et al ont introduit un facteur de réduction empirique fonction de la saturation en eau qui permet d'approcher la réduction de perméabilité du gaz associée à l'hystérésis de  
15 cycles.

### Définition de la méthode selon l'invention

La méthode de modélisation selon l'invention permet d'optimiser de façon plus rapide et plus réaliste les conditions de déplacement dans un milieu poreux mouillable par un premier fluide, de mélanges di ou triphasiques incluant ce premier  
20 fluide mouillant et au moins un deuxième fluide non mouillant. Elle offre de ce fait aux opérateurs, un outil plus fiable pour évaluer notamment les meilleurs modes de déplacement des fluides au sein du milieu poreux. en drainage et en imbibition. Elle est basée sur une représentation fractale du milieu poreux avec une modélisation des pores par une distribution de capillaires à section fractale en considérant une  
25 répartition stratifiée des fluides à l'intérieur des pores, le fluide mouillant se répartissant au contact des parois et autour du deuxième fluide (ou des deux autres en triphasique).

La méthode comporte en combinaison :

- la détermination expérimentale de la courbe de variation de la pression capillaire ( $P_c$ ) dans les pores d'un échantillon de ce milieu poreux en présence d'un fluide mouillant et d'au moins un fluide non mouillant, (par injection de mercure dans un échantillon placé sous vide par exemple) ;
- la détermination à partir de cette courbe de pression capillaire, des valeurs de la dimension fractale correspondant à une série de valeurs données de la saturation relativement aux liquides ;
- la modélisation des effets d'hystérésis modifiant les saturations mobiles des fluides effectivement déplacés en fonction du nombre de cycles de drainage et d'imbibition subis par l'échantillon, en faisant intervenir des constantes de piégeage ou de dépiégeage du fluide non mouillant différentes selon que l'on réalise une phase de drainage ou d'imbibition ;
- la modélisation des perméabilités relatives directement sous forme d'expressions analytiques dépendant des différentes valeurs de dimension fractale obtenues ; et
- l'introduction des perméabilités relatives dans un simulateur du milieu poreux et la détermination au moyen de ce simulateur, des conditions optimales de déplacement des fluides du mélange dans le milieu poreux.

La méthode s'applique par exemple à la détermination des déplacements de mélanges de fluides comportant un premier fluide mouillant, un deuxième fluide non mouillant et un gaz, en considérant une répartition stratifiée des fluides à l'intérieur des pores, le fluide mouillant se répartissant au contact des parois, le gaz occupant le centre des pores et le deuxième fluide étant réparti sous la forme d'une couche annulaire au contact à la fois du gaz et du premier fluide.

La méthode peut s'appliquer notamment à la détermination par un simulateur de gisement, des caractéristiques optimales de substances additionnées à des

bouchons de fluide mouillant injectés dans une formation en alternance avec des bouchons de gaz, dans le but de déplacer des hydrocarbures en place, ou bien encore celles d'un fluide injecté dans le sol pour déplacer des substances polluantes.

La modélisation des phénomènes obtenue par la méthode présente de grands  
5 avantages. Elle permet une meilleure adéquation avec les résultats obtenus en laboratoire car les phénomènes physiques sont mieux pris en compte. Les résultats du modèle sont meilleurs de ce fait lors d'un changement d'échelle par exemple, pour la modélisation d'une application sur un champ d'opérations.

Le temps de calcul est réduit comparé à celui qui est nécessaire quand on  
10 utilise des tables, comme avec les méthodes antérieures. La modélisation de type fractal réalisé est mieux à même de traiter les effets d'hystérésis rencontrés dans l'utilisation des procédés d'injection de type WAG.

Les résultats de la méthode sont en outre parfaitement intégrables dans de nombreux simulateurs de réservoir : simulateurs 3D, hétérogènes, compositionnels,  
15 etc.

L'exploitation des résultats par les logiciels d'application est facilitée. Il n'est plus nécessaire de faire des interpolations risquées comme c'est la règle quand on opère à partir des valeurs discrètes des tableaux de résultats, pour tracer des isoperms par exemple.

## 20 **Présentation des figures**

D'autres caractéristiques et avantages de la méthode selon l'invention, apparaîtront à la lecture de la description ci-après d'un exemple non limitatif de réalisation, en se référant aux dessins annexés où :

- la Fig.1 qui illustre sous forme d'un tableau, les liens existant pour un mélange  
25 triphasique entre les valeurs obtenues expérimentalement, de perméabilités relatives d'un fluide et les saturations pour deux des trois fluides ;

- la Fig.2 montre une représentation fractale d'un pore ;
- la Fig.3 montre de façon schématique la répartition des phases d'un fluide triphasique dans un pore fractal avec le fluide mouillant W au contact de la paroi, la phase gazeuse G répartie dans la plus grande partie du volume du pore (rayon  $R_G$ ), l'huile O étant une couche entre le fluide mouillant et le gaz ;  
5
- la Fig.4 montre en fonction de la saturation en eau, la courbe de pression capillaire d'un échantillon de grès des Vosges par exemple, dont la pente locale S sert à déterminer la dimension fractale des pores; et
- la Fig.5 montre en fonction du temps, les courbes de production obtenues expérimentalement pour du gaz (G) pour de l'eau (W) et pour de l'huile (O), comparées aux courbes équivalentes obtenues par simulation en utilisant la méthode selon l'invention ;  
10
- les Fig. 6A, 6B montrent les effets de l'hystérésis de déplacement affectant les perméabilités relatives du fluide mouillant et du gaz, respectivement  $K_{rw}$  et  $K_{rg}$  ;
- la Fig. 7 montre les effets combinés de l'hystérésis de déplacement et de cycles observés expérimentalement sur la phase gazeuse;  
15
- la Fig. 8 montre les courbes-clés servant à la modélisation de la constante de dépiégeage ;
- la Fig. 9 montre le résultat obtenu avec le modèle dans le cadre d'une injection de type WAG ; et  
20
- la Fig 10 montre la validation du modèle sur une expérience de type WAG pour les courbes de récupération des trois phases.

### Description détaillée de la méthode

La méthode selon l'invention permet de déterminer les perméabilités relatives triphasiques de milieux poreux, en s'appuyant sur un modèle de type fractal du milieu poreux, en se basant sur une approche décrite par :

- 5 - Kalaydjian, F.J-M et al. : "Three Phase Flow in Water-wet Porous Media: Determination of Gas-oil Relative Permeabilities under Various Spreading conditions"; 68<sup>th</sup> Ann. Tech. Conf. And Exh. of the SPE, Houston, Texas, 1993.

La méthode selon l'invention comporte, comme on l'a vu une modélisation de l'écoulement des phases avec répartition des phases à l'intérieur de la structure fractale de chaque pore. Dans le cas d'un écoulement d'eau et d'huile au sein d'une structure poreuse mouillable à l'eau, l'huile s'écoule dans le volume du pore. Dans le cas d'un écoulement triphasique, il y a répartition stratifiée, l'eau qui est le fluide mouillant, s'écoule le long des parois des pores, le gaz circule dans le volume du pore et l'huile s'écoule entre le gaz et l'eau. Les saturations sont calculées comme étant la surface relative dans une section transversale occupée par chacun des fluides.

A l'équilibre, toutes les rainures ayant un rayon supérieur à  $R_k$  qui est donné par la loi de Laplace  $P_c = 2 \frac{\gamma}{R_k}$  sont occupées par le gaz, les tubes les plus petits, par les deux autres fluides (eau et huile). Ainsi on exprime la saturation en fluide mouillant comme la fraction de l'aire des tubes occupés.

En calculant la fraction de l'aire des capillaires occupée par l'eau pour tous les rayons entre  $R_k$  et  $R_\infty$ , on aboutit à l'expression :

$$S_w = \left[ \frac{R_k}{R_0} \right]^{2-D_L}$$

et comme  $P_c = 2 \frac{\gamma}{R_k}$ , la corrélation entre la pression capillaire et la saturation de la phase mouillante est donnée par

$$P_c = S_w \frac{1}{D_L - 2}$$

où  $S_w$  est la saturation de la phase mouillante.

5 La représentation graphique de cette corrélation dans un diagramme log-log est une ligne droite partant du point  $(S_w, P_c)$  correspondant au capillaire le plus grand de la structure fractale avec un rayon  $R_0$ . On peut supposer que :

- le rayon  $R_0$ , le premier envahi quand le mercure est injecté (Fig.4), correspond à une valeur de la saturation de l'ordre de  $1/r=10^3$ . Chaque segment de la courbe de pression capillaire est une partie d'une ligne partant de  $R_0$  (supposée la même pour tous les différents segments), correspondant à la corrélation  $P_c, S_w$  déjà citée. Chaque ligne a une pente donnée, on peut lui associer une dimension linéaire fractale. Les valeurs de la pente varient de -1,5 à -3,3 comme le montre la Fig.4, ce qui conduit à des valeurs de la dimension linéaire fractale  $D_L$  entre 1,3 et 1,7.
- chaque domaine est atteint par le mercure pour des saturations correspondant à l'emplacement où on trouve  $R_0$  sur chaque ligne.

La saturation des deux liquides quand le gaz est présent dans le pore, est calculée comme expliquée plus haut pour une phase :

$$20 \quad S_{Liq.} = \left[ \frac{R_k}{R_0} \right]^{2-D_L}$$

en supposant que les deux liquides occupent les tubes dont les rayons sont inférieurs ou égaux à  $R_k$  et le gaz, le centre de chaque pore. La saturation en huile est l'aire

relative de la section transversale des rainures occupée par l'huile dont le rayon est inférieur ou égal à  $R_K$ .

### Modélisation de l'hystérésis

Pour procéder au calcul des perméabilités relatives, il est nécessaire de  
5 déterminer pour chaque phase la fraction qui circule et par conséquent, d'estimer de façon systématique, les saturations correspondant aux fractions stagnantes. Ceci doit être fait pour les deux cas étudiés, par exemple le drainage de l'eau et de l'huile par le gaz, et l'imbibition en eau.

L'originalité de la modélisation proposée ici est de prendre en compte  
10 l'hystérésis directement à son origine c'est-à-dire au niveau des phénomènes de piégeage et dépiégeage de la phase non mouillante. Sur la Fig.8, si les courbes pouvaient se déduire exactement par translation, cela signifierait qu'une partie du gaz est restée piégée au cours du drainage secondaire et ne participe pas à l'écoulement. En réalité, ce n'est pas le cas mais le fait qu'à saturation en gaz égale, la perméabilité  
15 soit plus faible au cours de D2 que pendant I1 signifie que la fraction de gaz piégé est plus importante au cours du drainage. En d'autres termes, la non réversibilité des courbes de perméabilités peut s'expliquer par une non réversibilité (hystérésis) entre le phénomène de piégeage et celui de dépiégeage.

On conserve donc la formule de Land (équation 1) mais on introduit une  
20 constante de dépiégeage valable pendant les phases de drainage, différente de la constante de Land valable pendant les phases d'imbibition. Tout revient donc à modéliser l'évolution de la constante de dépiégeage au cours des cycles.

Les caractéristiques à prendre en compte au niveau de la formulation sont les suivantes. On considère que  $C_P = C_L$  pendant toutes les phases de piégeage car on se  
25 trouve directement dans les conditions d'application de Land où une constante unique suffit à décrire le phénomène. Pour  $S_{gr}$  faible en fin de drainage,  $C_D$  est proche de  $C_P$ . On traduit juste ici le fait que le gaz est plus facile à dépiéger lorsqu'il y en a



peu dans la carotte car on peut alors penser qu'il se trouve dans des pores de grosse taille facilement reconnectables lors de la réinjection. Quand  $S_{gr}$  augmente,  $C_D$  devient supérieur à  $C_L$  ce qui traduit un dépiégeage moins efficace.

Pour des saturations en gaz élevées, on retrouve une certaine réversibilité mais il existe une fraction de gaz piégée inaccessible dans des pores de petite taille. On atteint donc une courbe de  $K_{rg}$  unique basse qui correspond à un cas pseudo diphasique où l'huile n'est plus mobile.

D'après cette représentation qui repose sur des observations expérimentales et des hypothèses de travail, la valeur de  $C_D$  passe par un maximum puisque la constante de dépiégeage est égale à  $C_L$  à la fois quand  $S_{gr}$  est faible et quand il est maximum lorsque l'on décrit la courbe de basse mobilité. L'expression suivante permet de concilier tous les aspects précédents :

$$C_D = \left( \frac{K_{rg}^I - K_{rg \min}}{K_{rg}^{D1}} \right)^E \left( \frac{S_{gt}}{S_{gr2}} \right) (C_{DM} - C_L) + C_L \quad (2)$$

Cette formulation comporte plusieurs paramètres :

$C_{DM}$  : il prend en compte l'écart entre le piégeage et le dépiégeage ;

$C_L$  : constante de Land ;

$K_{rg \min}$  : courbe de basse mobilité ;

$E$  : paramètre de calage.

$K_{rg}^I$  : valeur de la perméabilité relative au gaz au début de l'imbibition précédente.

$K_{rg}^{D1}$  : valeur de la perméabilité relative au gaz sur la courbe de premier drainage pour la saturation en gaz correspondant à  $K_{rg}^I$ .

Quel que soit l'ordre et la nature du cycle considéré, la relation (2) et la relation de Land (1) permettent de déterminer les saturations piégées et mobiles par

l'intermédiaire de la formule de Land tout en prenant en compte le caractère triphasique de l'hystérésis (déplacement et cycles) sans recours à des facteurs de réduction empiriques.

$$S_{gf} = \frac{1}{2} \left( S_g - S_{gr} + \sqrt{(S_g - S_{gr})^2 + \frac{4}{C} (S_g - S_{gr})} \right) \quad (3)$$

5            et  $S_g = S_{gi} + S_{gf} \quad (4)$

C est égal à  $C_L$  ou  $C_D$  suivant le mode de déplacement ;

$S_{gf}$ : saturation en gaz libre ;

$S_{gi}$ : saturation en gaz piégé.

#### Calcul des perméabilités relatives:

##### 10            A) Perméabilités relatives des liquides

L'application de la loi de Poiseuille à chaque capillaire du faisceau pour la phase qui l'occupe, permet de calculer les perméabilités relatives à l'eau et l'huile (Fig.5).

15            Des études expérimentales effectuées par ailleurs (Larsen et al) ont montré qu'il existait une relation permettant de relier la saturation résiduelle en huile au cours des cycles et la fraction de gaz piégé.

$$S_{or} = (S_{or})_{S_{gi}=0} - a S_{gi}$$

-  $(S_{or})_{S_{gi}=0}$  représente la saturation en huile résiduelle laissée en place dans le milieu avant que du gaz soit piégé.

20            En ne considérant que la fraction en circulation qui contribue à la conductivité hydraulique, les perméabilités relatives pour l'eau et l'huile s'expriment de la manière suivante:

$$K_{ro} = K_{ro}(2Ph) [(S_L + S_{gt})^\beta - (S_w + (1-a)S_{gt} + (S_{or})_{S_{gt}=0})^\beta]$$

$$K_{rw} = (S_w - R(1-a)S_{gt})^\beta - S_{wi}^\beta$$

R est le facteur de réduction lié au piégeage de la phase non mouillante.

Dans ces expressions, il est utile de mentionner que :

- 5 - la saturation en eau irréductible  $S_{wi}$  est supposée stable.
- La gamme de tailles de capillaires occupée par l'huile mobile est calculée comme la différence entre les tailles des capillaires occupés par les deux liquides avec la saturation totale en liquide  $S_L = S_o + S_w$ , et celles des capillaires saturés en eau et en huile stagnante.
- 10 -  $K_{ro}(2ph.)$  représente la valeur de la perméabilité relative à l'huile déterminée par un test d'imbibition à l'eau et l'huile. Quand les phases eau et huile sont seules présentes et comme l'échantillon testé est mouillable à l'eau, l'huile s'écoulera dans la section du pore exactement comme le fait le gaz dans un écoulement triphasique.

#### 15 B) Perméabilité relative au gaz

Comme le gaz est une phase non mouillante, il occupe l'espace central du pore et il s'étend vers sa périphérie au fur et à mesure que la saturation en gaz augmente, sans toutefois arriver au contact de la paroi solide (Fig.6). On considère que le gaz circule dans un seul pore dont le rayon  $R_g$  est donné par la relation :

$$20 \quad R_g = R_0 + R_1 + R_2 + \dots + R_k,$$

la perméabilité au gaz étant donnée alors par :

$$K_{rg} = K_{rg \max} (1 - (S_L + S_{gt})^\alpha)^4 \quad (5)$$

avec  $\alpha = \frac{1}{2-D_L}$ ,  $D_L$  représentant la dimension fractale linéaire du milieu poreux et  $S_L$  étant la saturation totale en liquide égale à  $1-S_g$ .

Le modèle de perméabilités relatives permettant de calculer  $K_{rw}$ ,  $K_{ro}$  et  $K_{rg}$  est implanté dans un simulateur tel qu'ATHOS® ou GENESYS®. Cela permet de  
5 procéder au calage d'expériences réalisées au laboratoire mais aussi d'optimiser les conditions à remplir pour déplacer des fluides pétroliers en place dans un gisement, que ce soit par injection de gaz soit par injection alternée de bouchons d'eau et de gaz (méthode dite WAG), en tenant compte des conditions de pression et de température régnant à la profondeur de production.

## 10 Validation

La méthode selon l'invention a été validée à travers plusieurs types d'expériences :

- On a injecté du gaz dans des milieux poreux contenant de l'eau et de l'huile, dans des conditions très variées. On voit sur la Fig.5 par exemple que l'on obtient un  
15 très bon accord entre les courbes de production des trois phases (eau, huile, gaz) obtenues expérimentalement et celles prédites par le simulateur de gisement alimenté par les données obtenues en accord avec la méthode.
- On a aussi injecté alternativement du gaz et de l'eau (injection de type WAG). La Fig 10 montre que l'on obtient dans ce cas aussi un accord excellent pour les trois  
20 phases tout au long de la durée de l'expérience.

## REVENDICATIONS

- 1) Méthode de modélisation pour optimiser les conditions de déplacement dans un milieu poreux mouillable par un premier fluide, d'un mélange de fluides triphasique incluant ce premier fluide mouillant et au moins un deuxième fluide non mouillant, caractérisée en ce qu'elle comporte en combinaison :
- la détermination expérimentale de la courbe de variation de la pression capillaire ( $P_C$ ) dans les pores d'un échantillon de ce milieu poreux en présence du fluide mouillant et du fluide non mouillant ;
  - la modélisation des pores du milieu poreux par une distribution de capillaires à section fractale en considérant une répartition stratifiée des fluides à l'intérieur des pores, le fluide mouillant se répartissant au contact des parois et autour du dit au moins un autre fluide ;
  - la détermination à partir de la dite courbe de pression capillaire ( $P_C$ ), des valeurs de dimension fractale correspondant à une série de valeurs données de la saturation relativement aux phases liquides ;
  - la modélisation des effets d'hystérésis modifiant les saturations mobiles des fluides effectivement déplacés dans l'échantillon selon le nombre de cycles de drainage et d'imbibition subis par l'échantillon, en faisant intervenir des constantes de piégeage ou de dépiégeage du fluide non mouillant, différentes selon que l'on est dans une phase de drainage ou une phase d'imbibition ;
  - la modélisation des perméabilités relatives directement sous forme d'expressions analytiques dépendant des différentes valeurs de dimension fractale obtenues ; et
  - l'introduction des perméabilités relatives dans un simulateur du milieu poreux et la détermination au moyen de ce simulateur, des conditions optimales de déplacement du mélange de fluides dans le milieu poreux.

2) Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce l'on modélise les pores du milieu poreux par une distribution de capillaires à répartition fractale en considérant une répartition stratifiée des fluides à l'intérieur des pores, le fluide mouillant se répartissant au contact des parois, le gaz occupant le centre des pores et  
5 le deuxième fluide étant réparti sous la forme d'un film annulaire au contact à la fois du gaz et du premier fluide.

3) Méthode selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que l'on met en œuvre le simulateur de gisement pour déterminer les caractéristiques optimales de substances additionnées à des bouchons de fluide mouillant injectés dans une  
10 formation en alternance avec des bouchons de gaz dans le but de déplacer des hydrocarbures en place.

4) Méthode selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comporte la mise en œuvre d'un simulateur de gisement pour déterminer les caractéristiques optimales d'un fluide injecté dans le sol pour drainer des substances  
15 polluantes.

FIG.1

$Sg = 0$	0.01	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	SV
									30				0.40
.0 Displ.1	.002	.014	.04	.08	.13	.20	.27	.36	.46	.57	.69	.83	0.44
		0.007	0.02	0.046	0.081	.117	.205	.28	.39	.48	.57		0.50
		0.004	0.011	0.025	.042	0.087	0.14	.22	.30	.40			0.55
.0 Displ.3	.0002	.0017	.008	.045	0.032	0.06	.105	.178	.25				0.60
		0.0007	0.0025	0.008	0.019	.037	0.070	.11					0.65
		0.0003	0.0012	.004	.01	0.023	0.045						0.70
		.0001	.0005			0.015							0.75
.0 Displ.2	.0												0.80

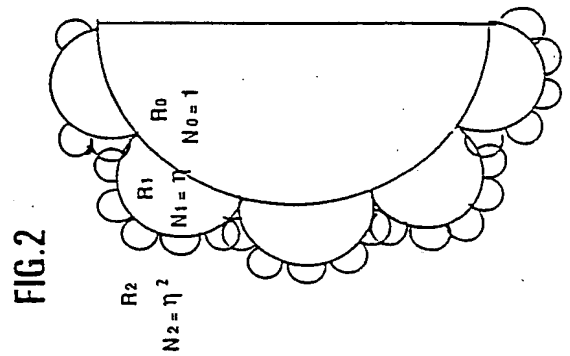


FIG.2

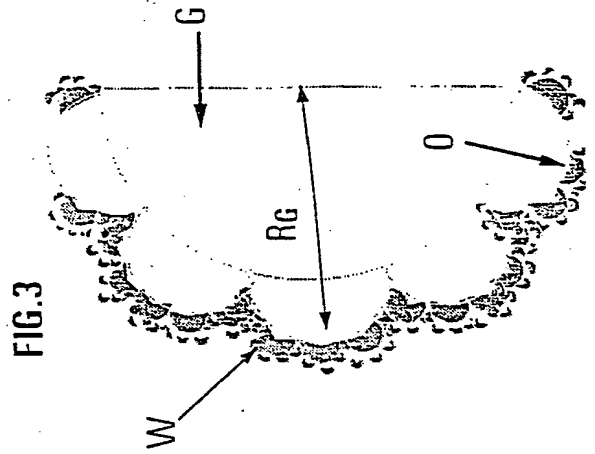


FIG.3

This Page Blank (uspto)



FIG.4

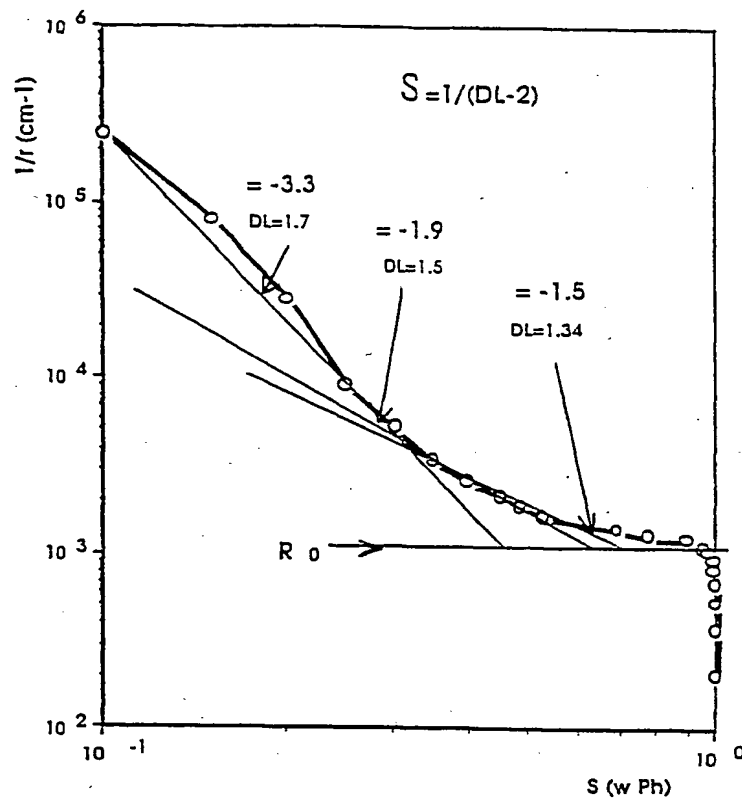
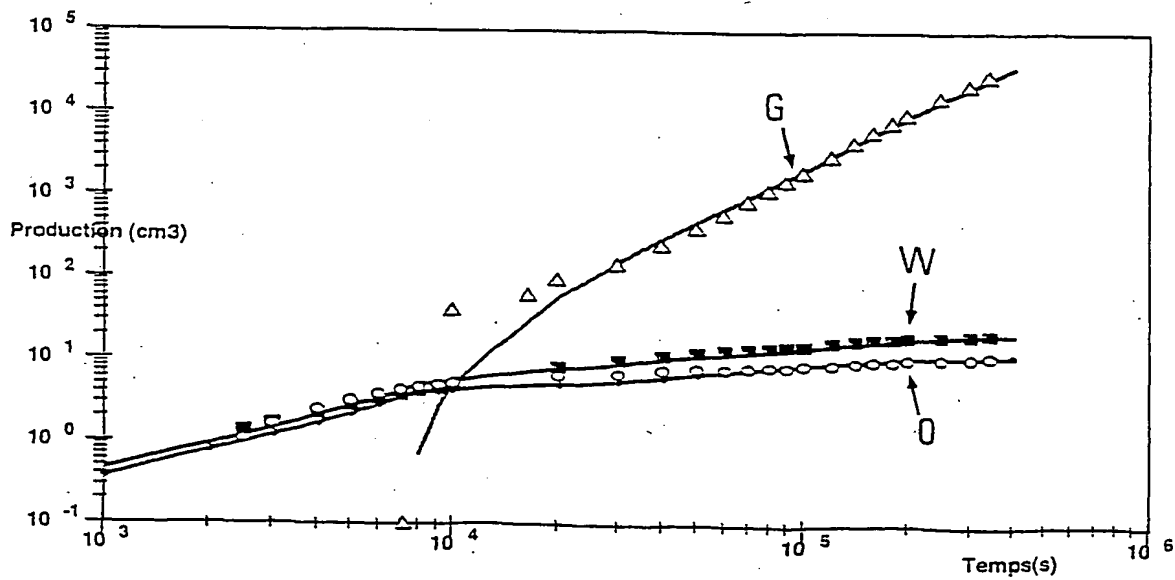


FIG.5



This Page Blank (uspto)

3/5

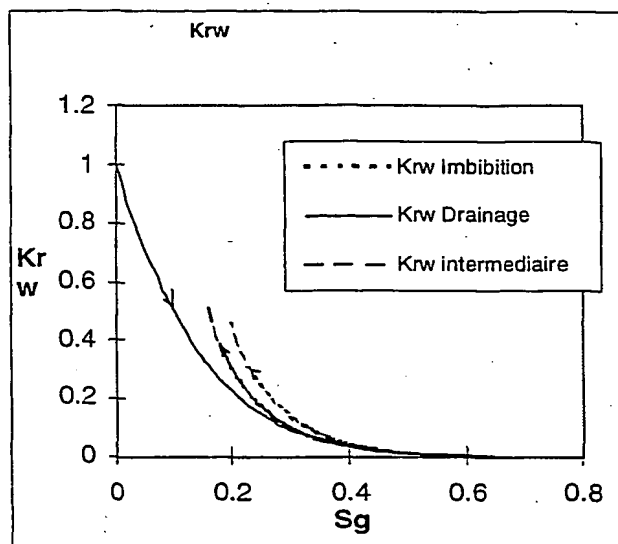


Fig.6A

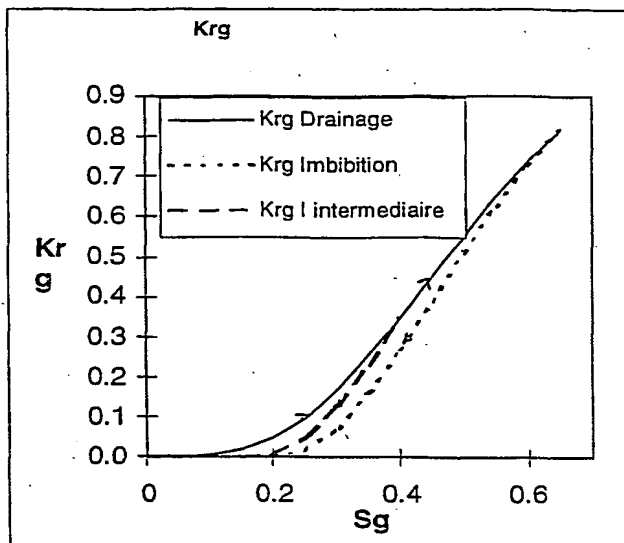


Fig.6B

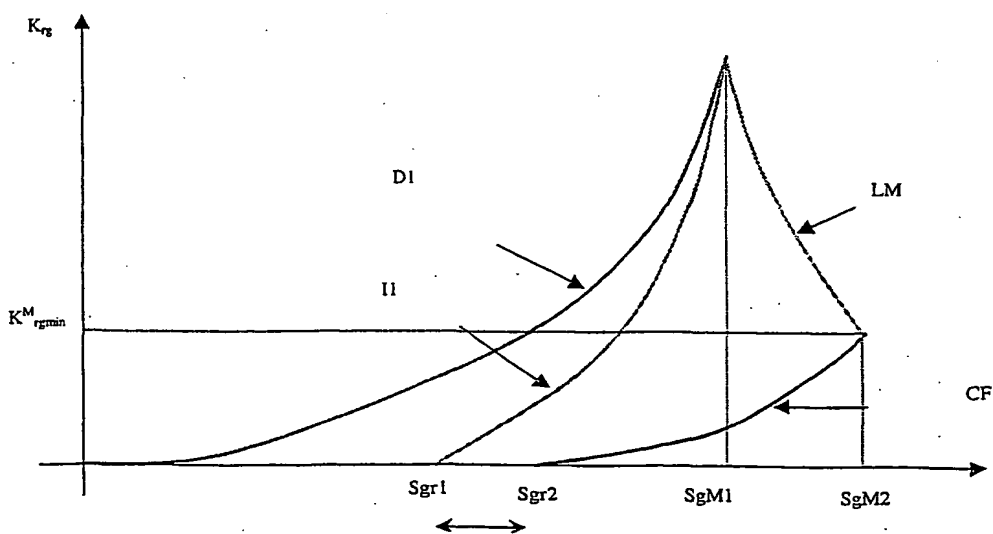


Fig.8

This Page Blank (uspto)

4/5

Fig.7

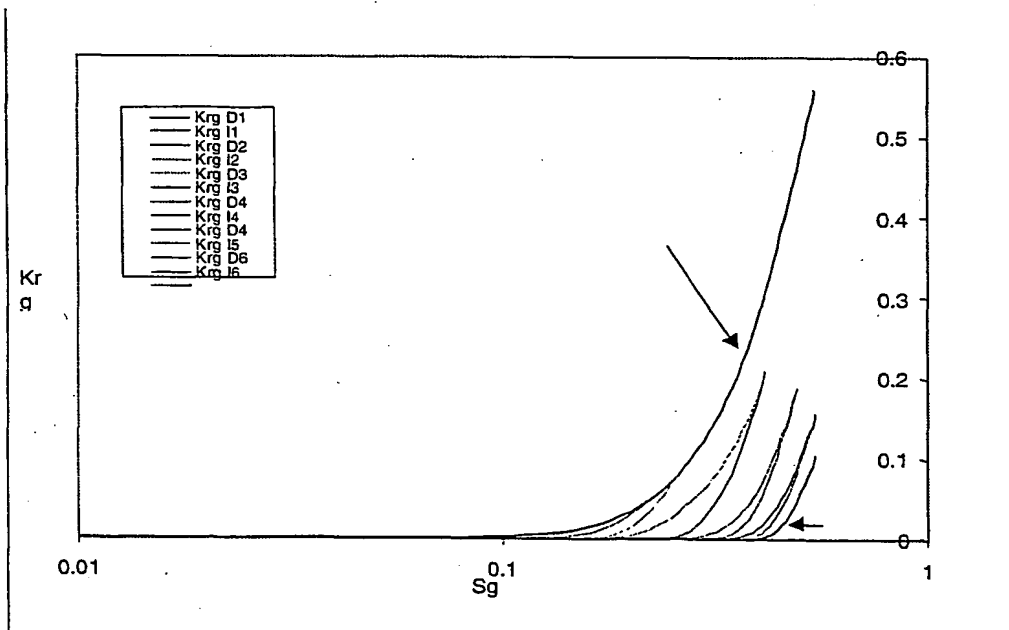
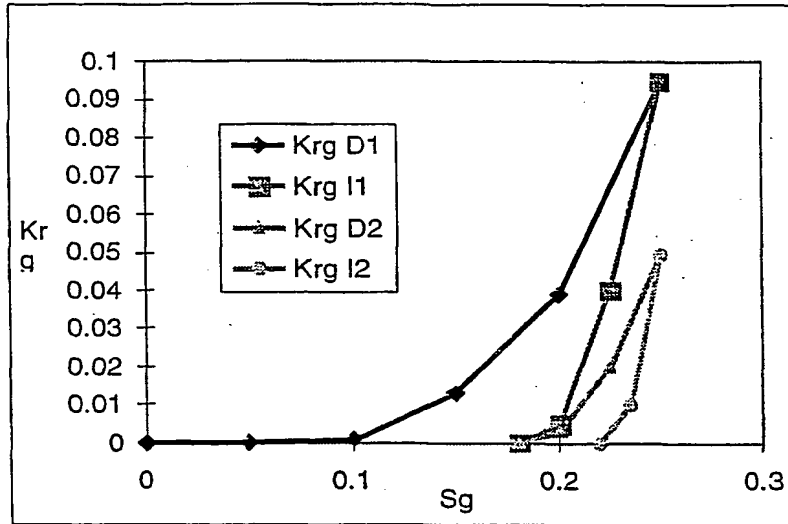


Fig.9

This Page Blank (uspto)

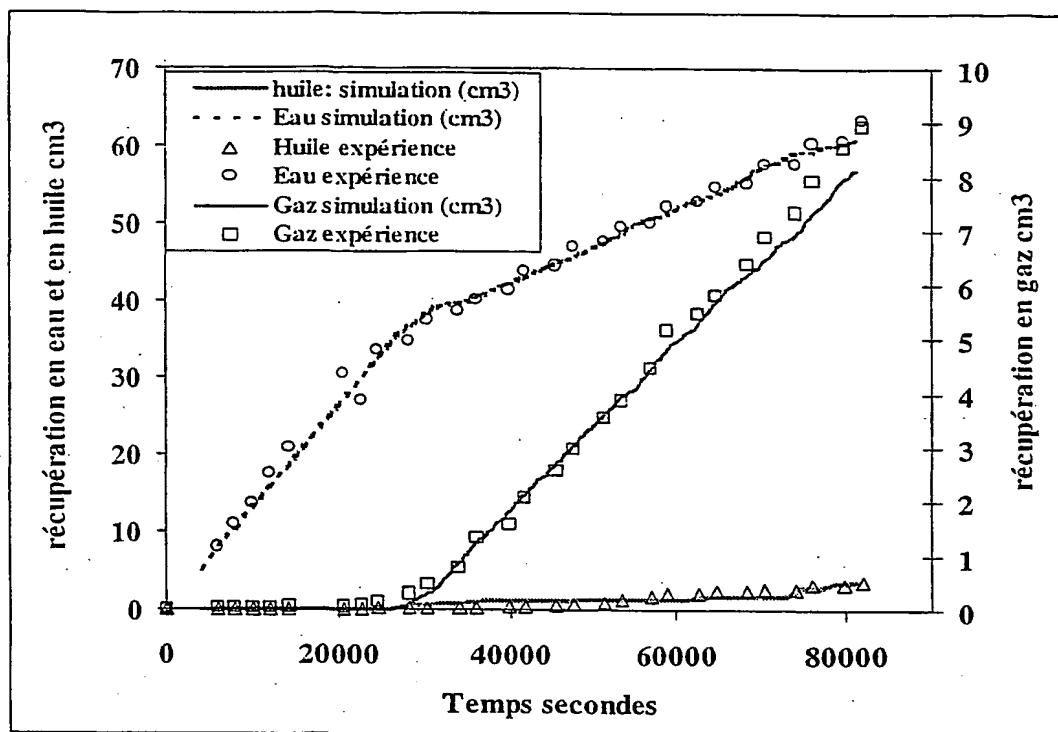


Fig.10

This Page Blank (uspto)



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/02212

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G01N15/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX, SCISEARCH

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MOULU J C ET AL: "A NEW MODEL TO CALCULATE THREE-PHASE RELATIVE PERMEABILITIES: APPLICATION AND VALIDATION FOR A SANDSTONE" REVUE DE L'INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, FR, EDITIONS TECHNIP. PARIS, vol. 53, no. 4, July 1998 (1998-07), pages 395-408, XP000831355 ISSN: 1294-4475 abstract  --- -/-	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- 'A' document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- 'E' earlier document but published on or after the international filing date
- 'L' document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- 'O' document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- 'P' document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

'T' later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

'X' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

'Y' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

'&' document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 September 2001

Date of mailing of the international search report

05/10/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Zinngrebe, U

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/02212

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	C. LAROCHE ET AL.: "Network modeling to predict the effect of wettability heterogeneities on multiphase flow" 1999 SPE ANNUAL TECHNICAL CONFERENCE AND EXHIBITION: "RESERVOIR ENGINEERING" HOUSTON TX, USA , vol. 2, 3 October 1999 (1999-10-03), pages 113-123, XP001006315 SOC PET ENG (SPE), Richardson, TX, USA abstract	1
A	J-C. MOULU ET AL.: "New three-phase relative permeability model for various wettability conditions" 1999 SPE ANNUAL TECHNICAL CONFERENCE AND EXHIBITION "RESERVOIR ENGINEERING" HOUSTON TX, USA, vol. 1, 3 October 1999 (1999-10-03), pages 167-182, XP001006316 abstract	1
A	C. LAROCHE ET AL.: "Network modeling as a tool to predict three-phase gas injections in heterogeneous wettability porous media" JOURNAL OF PETROLEUM SCIENCE AND ENGINEERING, vol. 24, 1999, pages 155-168, XP001004792 ELSEVIER, AMSTERDAM,, NL ISSN: 0920-4105 abstract	1
A	FR 2 772 483 A (INST FRANCAIS DU PETROL) 18 June 1999 (1999-06-18) abstract	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 01/02212

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
FR 2772483	A	18-06-1999	FR	2772483 A1	18-06-1999
			US	6021662 A	08-02-2000

This Page Blank (uspto)

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No  
PCT/FR 01/02212

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 G01N15/08

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX, SCISEARCH

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>MOULU J C ET AL: "A NEW MODEL TO CALCULATE THREE-PHASE RELATIVE PERMEABILITIES: APPLICATION AND VALIDATION FOR A SANDSTONE"</p> <p>REVUE DE L'INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, FR, EDITIONS TECHNIP. PARIS, vol. 53, no. 4, juillet 1998 (1998-07), pages 395-408, XP000831355</p> <p>ISSN: 1294-4475</p> <p>abrégé</p>	1

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

28 septembre 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

05/10/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Zinngrebe, U

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>C. LAROCHE ET AL.: "Network modeling to predict the effect of wettability heterogeneities on multiphase flow" 1999SPE ANNUAL TECHNICAL CONFERENCE AND EXHIBITION: "RESERVOIR ENGINEERING" HOUSTON TX, USA , vol. 2, 3 octobre 1999 (1999-10-03), pages 113-123, XP001006315 SOC PET ENG (SPE), Richardson, TX, USA abrégé</p>	1
A	<p>J-C. MOULU ET AL.: "New three-phase relative permeability model for various wettability conditions" 1999 SPE ANNUAL TECHNICAL CONFERENCE AND EXHIBITION "RESERVOIR ENGINEERING" HOUSTON TX, USA, vol. 1, 3 octobre 1999 (1999-10-03), pages 167-182, XP001006316 abrégé</p>	1
A	<p>C. LAROCHE ET AL.: "Network modeling as a tool to predict three-phase gas injections in heterogeneous wettability porous media" JOURNAL OF PETROLEUM SCIENCE AND ENGINEERING, vol. 24, 1999, pages 155-168, XP001004792 ELSEVIER, AMSTERDAM,, NL ISSN: 0920-4105 abrégé</p>	1
A	<p>FR 2 772 483 A (INST FRANCAIS DU PETROL) 18 juin 1999 (1999-06-18) abrégé</p>	1

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Despatente Internationale No

PCT/FR 01/02212

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2772483	A	18-06-1999	FR 2772483 A1	18-06-1999
			US 6021662 A	08-02-2000

This Page Blank (uspto)